10.22092/sppi.2021.123894

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۴، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت علوفه ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در منطقه معتدل سرد استان کرمان

Effect of Planting Date and Plant Density on Forage Yield and Qualitaty of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties in Cold Temperate Region of Kerman Province in Iran

حمید نجفی‌نژاد[۱]، پیروز شاکری[۲] و مهدی امیرپور ربات[۳]

۱- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
۳- پژوهشگر، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶

چکیده

نجفی‌نژاد، ح.، شاکری، پ. و امیرپور ربات، م. ۱۳۹۹. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت علوفه ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در منطقه معتدل سرد استان کرمان. **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۴۶۰-۴۳۹.

به منظور بررسی کمیت و کیفیت علوفه چهار رقم کینوا (*Chenopodium quinoa* willd.) تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته آزمایشی به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جوپارکرمان در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. در این پژوهش تاریخ کشت‌های دوم مرداد، ۱۷ مرداد و اول شهریور در کرت های اصلی و فاکتوریل دو تراکم کشت ۱۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع و چهار رقم Titicaca، Giza1، Q12 و Q18 به صورت تصادفی در کرت های فرعی قرارگرفتند. نتایج نشان داد رقم Q12 به ترتیب با تولید ۳۷/۴ و ۷/۶۲ تن در هکتار علوفه تر و خشک بیشترین عملکرد و رقم Giza1 به ترتیب با تولید ۲۴/۹ و ۶/۳۹ تن در هکتار علوفه تر و خشک کمترین عملکرد را داشت. مقایسه میانگین های تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تاریخ کاشت ۱۷ مرداد به ترتیب با ۳۵/۹ و ۷/۷۶ تن در هکتار علوفه تر و خشک بیشترین عملکرد را داشت. نتایج کیفیت علوفه نشان داد که رقم Q12 با ۱۸/۶۸ درصد پروتیئین خام نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری داشت. کمترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی (۳۴/۲۴ درصد) و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (۱۷/۷۶ درصد) به رقم Giza1 تعلق داشت. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش کشت رقم Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد با تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع برای کشت دوم منطقه جوپارکرمان با اقلیم معتدل سرد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کینوا، دما، تراکم کاشت، علوفه خشک، پروتئین خام، ارزش غذایی.

نگارنده مسئول: hnajafinezhad@yahoo.com تلفن: ۰۳۴۳۲۱۱۲۳۹۱

مقدمه

کینوا گیاهی از خانواده Amaranthaceae، دولپه، دارای مسیر فتوسنتزی سه کربنه و خودگشن است که طول دوره رشد آن بسته به شرایط اقلیمی، طول و عرض جغرافیایی و نوع رقم معمولا از ۱۵۰-۸۰ روز متفاوت است (Mujica, 1994; Spehar and Santos, 2005). با توجه به غنی بودن برگ‌های کینوا از پروتئین، پتاسیم، سدیم، کلسیم، آهن، کاروتنوئید و اسید آسکوربیک ، به عنوان گیاهی علوفه‌ای برای تغذیه دام مورد توجه قرار گرفته است (Bhargava *et al.,* 2007). این گیاه دارای تنوع ژنتیکی بسیار زیاد بوده و در طیف وسیعی از خاک‌ها، اقلیم‌ها و عرض‌های جغرافیایی قابلیت کشت دارد (Jacobsen *et al.,* 2011; Ruiz *et al.,* 2014).

تاریخ کاشت یکی از عوامل مهم مدیریتی برای بهره‌برداری مناسب گیاه از عوامل محیطی و نهاده‌های مصرفی می‌باشد که نقش مهمی در عملکرد نهایی گیاه ایفا می‌نماید. به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت هر منطقه، گیاه کینوا در زمان‌های متفاوتی کشت می‌شود، برای مثال در آمریکای جنوبی تاریخ کشت از اواخر مرداد تا اوایل مهر انجام می‌شود درحالی‌که در آمریکای مرکزی و شمالی کاشت کینوا در دامنه زمانی مهر لغایت آبان انجام می‌شود (Aguilar and Jacobsen, 2003).

در پژوهشی که درباره تاثیر تاریخ کاشت روی عملکرد و ارزش غذایی علوفه کینوا در منطقه آگدار شمال شرقی ترکیه انجام شد، بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک به ترتیب در تاریخ کاشت پنجم فروردین (۲۲/۲ تن در هکتار) و ۲۶ فروردین (۵/۳ تن در هکتار) گزارش شده است (Temel and Yolcu, 2020). در آزمایش مذکور حداکثر پروتئین خام علوفه ۱۹/۸ درصد در تاریخ کاشت ۲۶ فروردین و کمترین آن ۱۶/۹ درصد در تاریخ کشت ۲۵ اسفند به دست آمد .تاریخ کاشت کینوا در هر منطقه باید طوری تنظیم شود که در مرحله گرده افشانی میانگین دمای هوا ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد (Salehi and Dehghani 2018). تاثیر تاریخ کاشت مناسب ارقام متفاوت و گونه های مختلف گیاهی در هر منطقه برای استفاده حداکثری از پتانسیل ژنتیکی گیاه در تحقیقات متعددی اثبات شده است. برای مثال تاریخ کاشت مناسب کینوا برای خوزستان ۱۰ مهر ولی برای منطقه شهرکرد ۱۹ خرداد و برای منطقه یزد اول شهریور گزارش شده است (Sepahvand, 2016; Salehi *et al.,* 2019).

تراکم مناسب کشت نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد نهایی هر رقم دارد و می‌تواند بسته به نوع گیاه، رقم، حاصلخیزی خاک و شرایط اقلیمی هر منطقه متفاوت باشد. در آزمایشی در برزیل با افزایش تراکم کاشت کینوا از ۱۰۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ بوته در هکتار، ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدن کاهش نشان داده است اما صفات عملکرد دانه، بیوماس کل و شاخص برداشت

تحت تاثیر تراکم کشت قرار نگرفتند،که این عدم تاثیر پذیری ناشی از ظرفیت بالای کینوا در تولید شاخه‌های فرعی و جبران تراکم کم بیان شده است (Spehar and Rocha, 2009). گزارش شده است که با افزایش تراکم از ۱۰۰ هزار به ۶۰۰ هزار بوته در هکتار کینوا تاحدودی زودرس تر می‌شود، اما با افزایش تراکم ارتفاع بوته و تعداد انشعاب فرعی و بارور در بوته کاهش یافت (Spehar and Rocha, 2009; Sief *et al.,* 2015).

در رقم‌های مناسب کینوا برای تولید علوفه، ارتفاع بوته ۱۵۰ تا ۱۶۴ سانتی‌متر، ماده خشک ۵۵۰۰ تا ۶۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و علوفه تر ۴۵۲۵۰ تا ۶۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Papastylianou *et al.,* 2014). البته این مقدار بسته به شرایط اقلیمی، مصرف کودهای آلی و شیمیایی متغیر است. همچنین مقدار خاکستر علوفه این گیاه ۱۸/۲ درصد، فیبر نامحلول در شوینده خنثی (ADF) از ۲۸ تا ۳۲ درصد و پروتئین خام از ۱۱/۱تا ۱۴/۷ درصد گزارش شده است . در گزارش دیگری میانگین پروتئین خام علوفه کینوا ۱۳ تا ۲۴ درصد، NDF (سلولز، همی سلولز و لگنین) از ۳۱ تا ۳۶ درصد و ADF (سلولز و لگنین) از ۳۱ تا ۲۲ درصد بود (Baskota and Islam, 2017).

بعد از برداشت گندم و جو محصول کشت دوم منطقه معتدل سرد کرمان (جوپار و حومه) ذرت علوفه‌ای است که معمولا از اواخر خرداد تا تیر کشت می‌شود. به دلیل قرار گرفتن فصل رشد ذرت در گرمای شدید تابستان و تبخیر زیاد رطوبت از خاک، این گیاه آب زیادی مصرف می‌نماید و از طرفی قبل از زمان برداشت با سرمای آخر فصل رشد مواجه می‌شود. با توجه به ویژگی‌های کینوا از لحاظ مقاومت به خشکی، ارزش غذایی بالا و همچنین مقاومت به سرمای آخر فصل، بررسی سازگاری و تعیین نیازمندی‌های زراعی این گیاه و در نهایت معرفی آن در منطقه معتدل سرد کرمان می‌تواند نقش موثری در کاهش مصرف آب، تامین بخشی از علوفه مورد نیاز استان و همچنین پایداری تولید داشته باشد. تاریخ کشت، رقم و تراکم از عوامل مدیریتی مهمی هستندکه می‌توانند عملکرد و کیفیت علوفه گیاه را تحت تاثیر قرار دهند.

بنابراین هدف از این پژوهش تعیین مناسبترین تاریخ کشت و تراکم بوته چهار رقم کینوا برای تولید علوفه در شرایط جوپار(منطقه معتدل سرد) کرمان بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری و ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه چهار رقم کینوا تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته آزمایشی در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان واقع در منطقه جوپار (فاصله ۱۸کیلومتری جنوب شهر کرمان) اجرا شد. منطقه مذکور دارای مختصات طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی، عرض

جغرافیائی ۳۱ درجه و ۷ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۷۴۹ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی سالانه ۱۴۰میلی‌متر ، آب و هوای معتدل سرد، دمای کمینه ۱۴- و بیشینه ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کشت‌های دوم مرداد، ۱۷ مرداد و اول شهریور به در کرت های اصلی و فاکتوریل چهار رقم Titicaca، Giza1، Q12 و Q18 و دو تراکم کشت ۱۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع به صورت تصادفی در کرت های فرعی قرار گرفتند. هر کرت فرعی شامل چهار خط به فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول پنج متر سطحی معادل ۱۲ مترمربع داشت.

خاک محل اجرای آزمایش مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک ۹۲ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم P2O5 در هکتار به ترتیب از منبع کود اوره و سوپرفسفات تریپل مصرف شد. تمام کود فسفات و ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت و در زمان آماده سازی زمین مصرف گردید. باقیمانده کود نیتروژن در زمانی که بوته‌ها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع داشتند در عمق پنج سانتی‌متری خاک و در مجاورت ریشه‌های گیاه قرار داده شد (Spehar and Rocha, 2009). لازم به ذکر است که اجرای آزمایش مذکور در زمینی که هر سال پس از برداشت گندم شخم و دیسک شده بود و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل دریافت کرده بود اجرا شد که توصیه کودی پس از کسر این مقدار انجام شد.

کاشت بذر در وسط ردیف‌های کشت در عمق ۲-۱ سانتی‌متری خاک انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذر انجام شد و به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه، آبیاری دوم به فاصله چهار روز و آبیاری سوم به فاصله شش روز از اولین آبیاری انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی با دور نه روز در ابتدا و ۱۶ روز در انتهای فصل متناسب با خنک شدن هوا انجام شد.

مراحل فنولوژی گیاه و صفات مورد مطالعه در طول فصل رویش و در زمان مناسب اندازه گیری وثبت شد. برداشت علوفه در مرحله شروع خمیری و پایان مرحله شیری دانه برای هر رقم (با توجه به تفاوت ارقام در طول دوره رشد و شروع مرحله خمیری دانه، برداشت هر تاریخ کاشت در سه نوبت) از دو خط وسط هر کرت در سطحی معادل ۴/۸ مترمربع پس از حذف حاشیه‌ها انجام شد. پس از برداشت، علوفه تر بلافاصله توزین شد و برای ارزیابی کیفیت علوفه همزمان با برداشت، نمونه‌برداری با استفاده از هشت بوته تصادفی در هر کرت انجام شد که پس از خشک نمودن و پودرکردن نمونه‌ها برای تجزیه های کیفیت علوفه به آزمایشگاه ارسال گردید.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر)

Table 1. Physico-chemical properties of soil (0-30 cm soil depth)

سال Year	بافت خاک Soil texture	درصد رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه F. C. (%)	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم P. W .P (%)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر متر مکعب) B. D. (g cm^{-3})	درصد کربن آلی O. C. (%)	درصد نیتروژن N (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg kg^{-1})	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) EC (dS m^{-1})	اسیدیته خاک pH
2018	Loam-sand لومی شنی	19.7	7.9	1.43	0.52	0.052	10.0	212	1.4	7.8
2019	Loam- sand لومی شنی	19.5	7.8	1.46	0.54	0.054	9.6	221	1.3	7.8

F. C.: Field capacity, P. W. P: Permanent wilting point, B. D.: Bulk density, O. C.: Organic carbon, EC: Electrical conductivity

برای محاسبه و تعیین وزن خشک علوفه، از علوفه تر بلافاصله پس از برداشت یک نمونه تهیه و پس از توزین با قراردادن نمونه‌ها در آون در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و توزین مجدد، با استفاده از رابطه زیر درصد رطوبت علوفه محاسبه گردید (AOAC, 1990).

درصد رطوبت علوفه = [(DW1-DW2/DW1)×100]

در این رابطه DW1 وزن تر نمونه و DW2 وزن خشک نمونه است.

اندازه‌گیری ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعاب بارور در مرحله شروع خمیری شدن دانه روی ۱۰ بوته تصادفی (میانگین ۱۰ بوته) در هر کرت انجام شد. نسبت برگ به بیوماس کل با استفاده از ۱۰ بوته تصادفی خشک شده در آون برای هر کرت انجام شد. برای تعیین میزان NDF (سلولز، همی سلولز و لگنین) و ADF (سلولز و لگنین) دیواره سلولی با استفاده از روش ون‌سوئست (Van Soest *et al.,* 1991) نیاز به تهیه محلول‌های شوینده خنثی و اسیدی است. پس از تهیه محلول‌های فوق‌الذکر اندازه‌گیری صفات مذکور با استفاده از دستگاه فایبرتک مدل TM در آزمایشگاه تجزیه کیفیت علوفه بخش تحقیقات علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان انجام شد.

برای اندازه‌گیری محتوی آهن علوفه ابتدا عصاره هضمی در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان تهیه شد. اندازه‌گیری مقدار آهن موجود در دانه با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل سولار سری AA در این آزمایشگاه انجام شد. نیتروژن کل علوفه خشک با استفاده از روش کجدال توسط دستگاه کجل‌تک اندازه‌گیری شد و برای محاسبه مقدار پروتئین خام، نیتروژن کل در ضریب ۶/۲۵ ضرب شد (AOAC, 1990).

داده های دو سال با استفاده از نرم افزار SAS9.2 تجزیه واریانس مرکب شد. قبل از انجام تجزیه واریانس از نرمال بودن واریانس خطاهای آزمایشی برای هر صفت اطمینان حاصل شد. مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژی و فنولوژی

ارتفاع بوته

اثر تاریخ کاشت و برهمکنش رقم × تراکم بوته بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول۲). تاریخ کاشت‌های اول شهریور و دوم مرداد به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳). ارتفاع بوته بیشتر در تاریخ کاشت اول شهریور را می توان به خنک تر بودن دمای محیط (شکل ۱) در طی مرحله رشد رویشی و تامین نیاز حرارتی گیاه برای تکمیل مرحله رشد رویشی در

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد بررسی کینوا تحت تاثیر تاریخ کاشت، رقم و تراکم بوته

Table 2. Combined analysis of variance for studied traits of quinea as affected by planting date, variety and plant density

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	نسبت برگ به بیوماس کل Leaf to total biomass ratio	روز تا شروع غنچه دهی Day to budding	روز تا گل دهی Day to flowering	پروتئین علوفه Forage protein content	آهن علوفه Forage iron content	فیبر نامحلول در شوینده خنثی NDF	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ADF	عملکرد علوفه تر Fresh Forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield
Year (Y)	سال	1	645.3300	0.6100**	0.0010	11.0200	21.3330	5.1690	243.4530	1.0340	5.1483	117.4060	0.1887
Replication (Y)	تکرار (سال)	6	853.6800	0.10607	0.00615	3.3120	22.2910	3.6708	115.8820	19.4590	6.61815	100.2802	5.3090
Planting date (P)	تاریخ کاشت	2	4919.2600*	0.2360*	0.0880**	224.0000**	314.0000**	10.6500*	1480.9000**	654.5000*	13.2285	250.1700**	44.4000**
Y × P	سال × تاریخ کاشت	2	1485.3170	0.11359	0.0150**	19.7000**	8.7864	0.4830	7.9620	1.52271	2.90489	234.8960*	4.8360
Error 1	خطای ۱	12	472.0763	0.04211	0.00118	1.3125	25.2960	1.8960	120.3460	16.8311	7.37771	19.46806	3.9646
Varitey (V)	رقم	3	4277.9000**	0.4700**	0.0800**	143.0000**	764.0000**	19.6400**	1180.5060**	335.1000**	345.8000**	1591.1000**	26.5000**
P × V	تاریخ کاشت × رقم	6	44.7840	0.03727	0.0170**	91.2000**	98.6000**	5.6300**	1038.5700**	103.8000**	53.6800**	174.80000**	16.1000**
Y × V	سال × رقم	3	15.1110	0.05093	0.0023	2.3680	10.6800	0.05462	71.8560	9.57696	1.15954	253.1000**	2.1140
Y × P × V	سال × تاریخ کاشت × رقم	6	100.8660	0.03692	0.0029	8.3600**	33.1000**	0.45768	11.8520	8.72538	1.7942	29.0191	3.0253
Plant density (D)	تراکم بوته	1	140.0830	3.4400**	0.00333	5.3333	1.0200	1.59391	8.6700	25.4989	44.7500**	94.5285	2.3056
Y × D	سال × تراکم بوته	1	300.0000	0.0638	0.0013	14.1000**	2.5200	0.12936	0.3675	0.05845	1.22248	0.2120	2.6885
P × D	تاریخ کاشت × تراکم بوته	2	346.9700	0.01567	0.00278	0.3330	48.0000**	16.5000**	234.6320**	119.0000**	11.9600*	32.7219	10.1000**
V × D	رقم × تراکم کاشت	3	486.3000*	0.00973	0.019572**	2.4305	6.0900	7.4900**	264.6870**	273.6000**	159.2000**	89.3290*	7.27083*
P× V× D	تاریخ کاشت ×رقم × تراکم کاشت	6	104.6750	0.01348	0.00753	5.5970**	3.9809	19.3000**	460.9500**	155.0000**	43.4300**	48.4980	2.8306
Y × P × D	سال × تاریخ کاشت ×تراکم کاشت	2	173.2900	0.00786	0.0166*	3.0833	31.5000**	2.15389	23.4560	0.0161	0.3061	215.0000**	2.8703
Y × V × D	سال ×رقم ×تراکم کاشت	3	268.8300	0.01946	0.00132	2.9583	5.0902	0.39415	10.4850	4.0731	0.39258	116.8000*	0.4607
Y × P × V × D	سال × تاریخ کاشت × رقم × تراکم کاشت	6	247.4400	0.01998	0.0089	1.8750	6.7517	1.48682	38.9180	3.3985	0.5835	36.4270	1.1304
Error 2	خطای۲	126	200.6800	0.03443	0.00461	1.7450	4.4816	1.82271	45.0020	10.0790	3.2420	32.9740	2.2664
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		12.50	14.60	10.46	4.20	4.500	7.50	4.37	8.80	8.41	17.60	21.30

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

NDF: Neutral detergent fiber.

ADF: Acid detergent fiber.

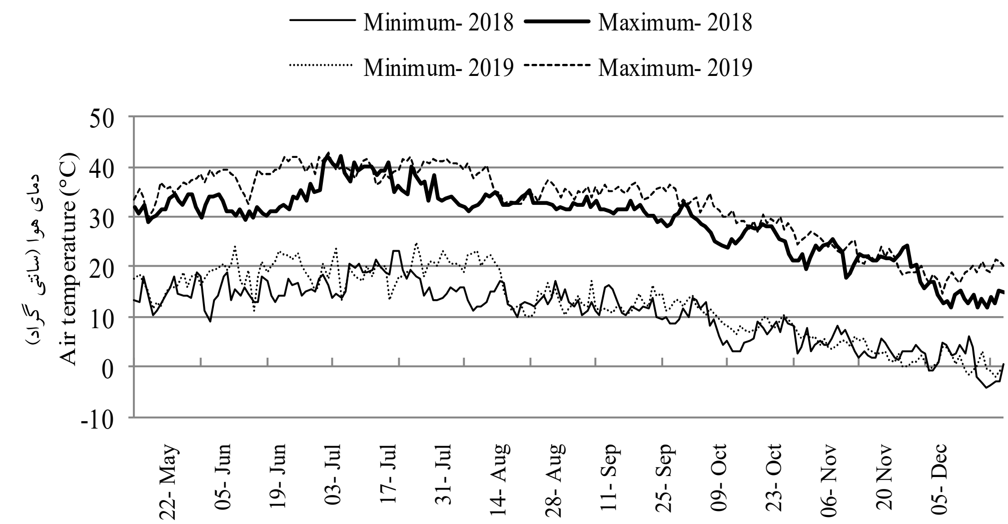
جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی و کیفیت کینوا تحت تأثیر تاریخ کاشت، رقم و تراکم بوته

Table 3. Mean comparison of forage yield and some agronomic and quality traits of quinoa as affected by planting date, cultivar and plant density

		عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})	نسبت برگ به بیوماس کل Leaf to total biomass ratio	درصد پروتئین علوفه Forage protein content (%)	آهن علوفه (میلی گرم در کیلوگرم) Forage iron content (mg kg^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (سانتی متر) Stem diameter (cm)	روز تا غنچه دهی Day to buuding	روز تا گل‌دهی Day to flowering
					Planting date تاریخ کاشت					
24 July	دوم مرداد	31.24b	7.18a	0.69a	17.49b	149.5b	103.28b	1.10b	29.75c	47.29a
08 Agust	۱۷ مرداد	34.90a	7.76a	0.66b	17.73b	151.6b	111.72a	1.22a	31.37b	44.54b
23 Agust	اول شهریور	31.60b	6.35b	0.61c	18.28a	158.71a	117.61a	1.26a	33.40a	48. 8a
					Variety رقم					
Giza1	گیزا ۱	24.89c	6.39b	0.69a	17.42bc	156.80a	100.08d	1.05c	29.81c	42.83d
Titicaca	تیتی کاکا	33.68b	7.35a	0.64b	17.97b	156.70a	115.14b	1.19b	31.62b	47.18b
Q12	کیو ۱۲	37.37a	7.62a	0.61c	18.68a	153.37b	121.75a	1.36a	33.43a	51.31a
Q18	کیو ۱۸	34.34b	7.03ab	0.66b	17.26c	146.25c	106.50c	1.17b	31.16b	45.50c
					Plant density تراکم بوته					
33.3 plant m^{-2}	۳۳/۳ بوته در متر مربع	33.90a	7.25	0.65	17.74	153.07	111.24	1.20	31.76	46.66
16.6 plant m^{-2}	۱۶/۶ بوته در متر مربع	31.24b	6.95	0.65	17.92	153.50	110.50	1.18	31.26	46.75

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۱- تغییرات دمای شبانه روز از اول خرداد لغایت پانزدهم آذر در ۱۳۹۷و ۱۳۹۸

Fig. 1**.** Changes in day and night temperatures from 22 May to 05 December in 2018 and 2019

مدت زمان طولانی‌تر نسبت به تاریخ کاشت دوم مرداد نسبت داد. افزایش ارتفاع بوته کینوا در شرایط مواجه شدن مرحله رشد رویشی گیاه با دمای پایین محیط و همچنین کاهش ارتفاع بوته کینوا در شرایط مواجه شدن با دمای بالای محیط قبلاً گزارش شده است (Hirch *et al.*, 2014) که با نتیجه این پژوهش مطابقت دارد.

در بررسی برهمکنش رقم × تراکم بوته نیز رقم Q12 در هر دو تراکم کاشت بیشترین ارتفاع بوته و رقم Giza1 در تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع کمترین ارتفاع را داشت (جدول ۴).

تفاوت ارتفاع بوته ارقام مختلف یک گونه گیاهی علاوه بر شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور و تغذیه تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام نیز قرار می‌گیرد (Yazdani *et al.,* 2007). در این پژوهش مدت زمان لازم از کاشت تا مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی در رقم Q12 بیشترین و در رقم Giza1 کمترین بود (جدول ۳). بنابراین تفاوت ارتفاع بوته بین ارقام را می‌توان به خصوصیات متفاوت ژنتیکی و تفاوت در طول دوره رشد رویشی مرتبط دانست.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد خشک علوفه، ارتفاع بوته و نسبت برگ به بیوماس کل کینوا تحت تأثیر برهمکنش رقم × تراکم بوته

Table 4. Mean comparison of dry forage yield, plant height and leaf ratio to total biomass of quinoa as affected by interaction of variety × plant density

تراکم بوته (بوته در مترمربع) Plant density (plant m^{-2})	نسبت برگ به بیوماس کل Leaf to total biomass ratio	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})
	Giza1		
33.3	0.67bc	96.33e	5.74e
16.6	0.71a	107.41d	6.04de
	Titicaca		
33.3	0.63cd	117.29bc	7.16abc
16.6	0.64cd	116.37bc	6.88bcd
	Q12		
33.3	0.58e	125.62a	7.49ab
16.6	0.61de	122.54ab	7.88a
	Q18		
33.3	0.69ab	110.58cd	7.63ab
16.6	0.64cd	110.33cd	6.34cde

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

قطر ساقه

اثر رقم، تاریخ کاشت و تراکم بوته برقطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین های چهار رقم کینوا نشان داد که رقم Q12 بیشترین و رقم Giza1 کمترین قطر ساقه را داشت (جدول ۳). بیشتر بودن قطر ساقه در رقم Q12 را می‌توان به دوره رشد رویشی طولانی تر این رقم (جدول ۳) و خصوصیات ژنتیکی رقم مذکور مرتبط دانست، به نحوی که این رقم توانسته با بهره‌برداری بیشتر از عوامل محیطی شامل دما، نور و مواد غذایی کربوهیدرات ساختمانی بیشتری تولید کند و در نهایت قطر ساقه بیشتری داشت.

مقایسه میانگین های تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تاریخ کاشت ۱۷ مرداد بیشترین و تاریخ کاشت دوم مرداد کمترین قطر ساقه را داشت (جدول ۳). با توجه به نمودار تغییرات دما (شکل ۱) می‌توان بیان نمود که در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد دامنه دمایی مناسبتری برای دوره رشد رویشی کینوا نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر فراهم بود. افزایش قطر ساقه گیاه در تاریخ کاشت مناسب به دلیل بهره‌مندی بیشتر گیاه از عوامل محیطی نظیر دما، نور و عناصر غذایی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Temel and Yolcu, 2020) که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد.

مقایسه میانگین های دو تراکم بوته نشان داد که تراکم بوته کمتر (۱۶/۶ بوته در مترمربع) در

مقایسه با تراکم بوته بیشتر (۳۳/۳ بوته در مترمربع) از قطر ساقه بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). کاهش قطر ساقه در تراکم بوته بیشتر را می‌توان به فضای فیزیکی کمتر هر بوته در مقایسه با تراکم بوته کمتر مرتبط دانست به نحوی که در تراکم بوته بیشتر به دلیل بهره‌مندی کمتر تک بوته‌ها از نور، مواد غذایی و رطوبت تولید مواد فتوسنتزی محدود شد و در نهایت قطر ساقه کاهش یافت.

نسبت برگ به بیوماس کل

اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم، رقم × تراکم بوته و همچنین سال × تاریخ کاشت × تراکم بوته بر نسبت برگ به بیوماس کل معنی‌دار بود (جدول ۲). نسبت برگ به بیوماس کل در رقم Giza1 در هر سه تاریخ کاشت بیشترین مقدار و به طور میانگین ۰/۷ بود و کمترین نسبت برگ به بیوماس کل تولیدی در تاریخ کاشت اول شهریور به رقم Q12 تعلق داشت (جدول ۵). در بررسی برهمکنش رقم × تراکم بوته (جدول ۴) نیز مشخص شد که رقم Giza1 در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع بیشترین و رقم Q12 در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع کمترین نسبت برگ به بیوماس کل تولیدی را دارا بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و تعداد روز تا مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی کینوا تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم

Table 5. Mean comparison of forage yield and days to budding and flowering of quinoa as affected by interaction of planting date × variety

رقم Variety	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})	نسبت برگ به بیوماس کل Leaf to total biomass ratio	روز تا غنچه‌دهی Day to budding	روز تا گل‌دهی Day to flowering
		24 July دوم مرداد			
Giza1	21.37g	5.94de	0.73a	28.37h	46.31c
Titicaca	32.7cd	7.47bc	0.64cde	29.37gh	45.81c
Q12	41.07a	8.86a	0.7ab	31.00edf	50.56b
Q18	29.06de	5.476e	0.69abc	30.25fg	46.50c
		08 Agust ۱۷ مرداد			
Giza1	26.76ef	6.55cd	0.68abcd	31.93cde	41.38f
Titicaca	35.46bc	7.46bc	0.67abcd	30.81ef	45.25cd
Q12	36.95b	8.03ab	0.60ef	32.00cd	50.50b
Q18	38.49ab	8.79a	0.67bcd	30.75f	43.60de
		23 Agust اول شهریور			
Giza1	24.30fg	5.18e	0.68abcd	29.12gh	43.30e
Titicaca	29.31de	6.13de	0.59f	34.68b	50.50b
Q12	35.21bc	6.16de	0.52g	37.31a	52.80a
Q18	34.87bc	6.7cd	0.63def	32.50c	46.37c

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

گزارش شده است که پر برگی و نسبت برگ به بیوماس کل تولید شده در گیاه با ارتفاع بوته و تولید کربوهیدرات‌های ساختمانی از قبیل سلولز، همی سلولز و لگنین رابطه عکس دارد (Temel and Yolcu, 2020). بنابراین بیشتربودن نسبت برگ به بیوماس کل در رقم Giza1 را می‌توان به ارتفاع بوته کمتر و ساقه‌های نازکتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام مرتبط دانست (جدول ۳). پر برگی و نسبت برگ به بیوماس بیشتر صفت مطلوبی در افزایش کیفیت علوفه به شمار می‌رود و می‌توان بیان نمود که ارقام با نسبت برگ بیشتر از کیفیت علوفه بیشتری برخوردار هستند.

بررسی برهمکنش سال × تاریخ کاشت × تراکم نشان داد که در سال اول کمترین نسبت برگ به بیوماس تولیدی در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع و در تاریخ کاشت اول شهریور مشاهده شد در سال دوم بیشترین نسبت برگ به بیوماس تولیدی در تاریخ کاشت دوم مرداد وکمترین آن به تاریخ کاشت اول شهریور تعلق داشت (جدول ۶). تغییرات نسبت برگ به بیوماس کل در دامنه ۰/۵۸ تا ۰/۷۲ در سال دوم بیانگر تاثیرپذیری این نسبت از شرایط متفاوت محیطی بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر و نسبت برگ به بیوماس کل در کینوا تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته در ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 6. Mean comparison of fresh forage yield and leaf to total biomass ratio of quinoa as affected by interaction of planting date × plant density in 2018 and 2019

تراکم بوته (بوته در متر مربع) Plant density (plant m^{-2})	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})		نسبت برگ به کل بیوماس Leaf to total biomass ratio	
	2018	2019	2018	2019
	24 July		دوم مرداد	
33.3	31.02a	31.78bc	0.67a	0.67b
16.6	33.90a	27.49c	0.66ab	0.72a
	08 Agust		۱۷ مرداد	
33.3	34.20a	37.61a	0.63ab	0.67b
16.6	31.10a	34.64ab	0.67a	0.64bc
	23 Agust		اول شهریور	
33.3	30.90a	31.36bc	0.61b	0.59cd
16.6	26.70b	34.61ab	0.63ab	0.58d

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

تعداد روز تا غنچه‌دهی و گل‌دهی

اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم بر تعداد روز تا غنچه‌دهی و گل‌دهی معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی برهمکنش تاریخ کاشت × رقم مشخص شد که رقم Q12 در تاریخ کاشت اول شهریور با ۳۷/۳۱ روز تا غنچه دهی و ۵۲/۸ روز تا گل‌دهی از دوره رشد رویشی طولانی تر در مقایسه با سایر ارقام برخوردار بود. رقم Giza1 کوتاه‌ترین طول دوره رشد برای رسیدن به مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی را در مقایسه با سایر ارقام در همه تاریخ کاشت‌ها داشت (جدول ۵).

تفاوت در طول دوره رشد رویشی ارقام مختلف را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی و گروه رسیدن هر رقم مرتبط دانست. اما تفاوت در طول دوره رسیدن هر رقم در تاریخ کاشت‌های مختلف را می‌توان به تغییرات شرایط محیطی (درجه حرارت روزانه و طول روز) مربوط دانست. با توجه به تغییرات درجه حرارت روزانه محیط در طول فصل رشد گیاه مشخص شد که با خنک شدن هوا (شکل ۱) به دلیل تامین نیاز حرارتی گیاه در مدت زمان طولانی‌تر طول دوره رشد ارقام افزایش یافت.

کینوا یک گیاه کوتاه روز است که طول هر مرحله فنولوژیک علاوه بر طول روز تحت تاثیر درجه روز رشد نیز می‌باشد (Salehi and Dehghani 2018). بنابراین طولانی‌تر بودن طول دوره رسیدن ارقام در تاریخ کاشت‌های دیرتر را می‌توان به خنک‌تر بودن دمای هوا و تامین نیاز حرارتی گیاه در مدت زمان طولانی‌تر مرتبط دانست.

عملکرد علوفه تر

اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم، سال × رقم × تراکم بوته و همچنین سال × تاریخ کاشت × تراکم بوته بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود (جدول۲). رقم Q12 با تولید ۴۱/۰۷ تن در هکتار علوفه تر در تاریخ کاشت دوم مرداد بیشترین علوفه تر را تولید کرد، ضمن اینکه رقم مذکور در سایر تاریخ کاشت‌ها نیز رقم برتر بود (جدول ۵).

در سال اول رقم Q12 در تراکم بوته زیاد (۳۳/۳ بوته در متر مربع) و تراکم بوته کم (۱۶/۶ بوته در مترمربع) به ترتیب با تولید ۳۸/۴۸ و ۳۵/۱۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید نمود، در حالیکه رقم Giza1 با تولید ۲۳/۵۴ تن در هکتار علوفه تر (میانگین عملکرد دو تراکم) کمترین عملکرد را داشت (جدول ۷). در سال دوم ارقام Q18 در تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع و Q12 در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع به ترتیب با تولید ۴۱/۴۲ و ۴۱/۳۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید نمودند. رقم Giza1 در سال دوم کمترین عملکرد علوفه تر را داشت (جدول۷). در سال دوم و اول تاریخ کاشت ۱۷ مرداد در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع به ترتیب با تولید ۳۷/۶۱ و ۳۴/۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را داشت (جدول ۶).

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر کینوا تحت تأثیر برهمکنش رقم × تراکم بوته در ۱۳۹۷و ۱۳۹۸

Table 7. Mean comparison of fresh forage yield of quinoa as affected by variety × plant density interaction effect in 2018 and 2019

تراکم بوته (بوته در متر مربع) Plant density (plant m^{-2})	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield (t ha^{-1})	
	2018	2019
	Giza1	
33.3	23.13e	24.32d
16.6	23.95e	25.18d
	Titicaca	
33.3	35.53ab	32.58bc
16.6	33.50bcd	28.39cd
	Q12	
33.3	38.48a	36.02b
16.6	35.12abc	41.36a
	Q18	
33.3	31.20cd	41.42a
16.6	29.88d	34.05b

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش رقم Q12 دارای بیشترین ارتفاع بوته و قطر ساقه در مقایسه با سایر ارقام بود، ضمن اینکه رقم Giza1 از کمترین ارتفاع بوته و قطر ساقه برخوردار بود. از طرفی طول دوره رشد رویشی تعداد روز تا مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی در رقم Q12 بیشترین بود (جدول ۳). گزارش شده است که افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه به افزایش وزن ساقه، افزایش مقدار کربوهیدرات‌های ساختمانی و در نهایت افزایش بیوماس گیاه منجر می‌شود (Temel and Yolcu, 2020). بنابراین می‌توان برتری عملکرد رقم Q12 را به دوره رشد رویشی طولانی تر و همچنین ارتفاع بوته و قطر ساقه بیشتر این رقم مرتبط دانست.

در همه تاریخ کاشت‌ها در رقم Q18 ورس شدید مشاهده شد. بنابراین می‌توان اظهار نمود که رقم مذکور برای برداشت مکانیزه مناسب نمی‌باشد. با توجه به نمودار تغییرات دما (شکل ۱) می‌توان بیان نمود که در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد دانه دمایی مناسبتری طی دوره رشد رویشی کینوا نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر فراهم بود و همین شرایط دمایی مناسب منجر به افزایش عملکرد علوفه تر در این تاریخ کاشت شد.

اثر برهمکنش رقم × تراکم بوته، تاریخ کاشت × تراکم بوته و تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول۲). در بررسی برهمکنش رقم × تراکم بوته، رقم Q12 در تراکم ۱۶/۶ بوته و ۳۳/۳ بوته در متر

مربع به ترتیب با تولید ۷/۸ و ۷/۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد و رقم Giza1 کمترین عملکرد علوفه خشک را در مقایسه با سایر ارقام داشتند (جدول ۴). بررسی برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته نشان داد که به طور کلی در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد بیشترین عملکرد علوفه خشک تولید شد (جدول ۸).

برهمکنش تاریخ کاشت × رقم نشان داد که رقم Q12 در تاریخ کاشت دوم مرداد و رقم Q18 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد بیشترین عملکرد علوفه خشک را تولید کردند (جدول۵). البته رقم Q12 در مجموع سه تاریخ کاشت نیز رقم برتر و رقم Giza1 (زودرس‌ترین رقم) که کمترین ارتفاع را داشت از کمترین عملکرد علوفه خشک در هکتار نیز برخوردار بود (جدول۳). عملکرد کمتر رقم Giza1 به زودرسی و ارتفاع کمتر این رقم و عملکرد بیشتر رقم Q12 با دیررسی و ارتفاع بوته بیشتر آن مرتبط بود (جدول ۳).

خصوصیات ژنتیکی و مورفولوژیک در گیاهان و ارقام مختلف یک گونه متفاوت است و این تفاوت‌ها از طریق تأثیر بر جذب نور و میزان فتوسنتز ارقام مختلف بروز می کند (Najafinejad *et al.*, 2008; Corraliza *et al.*, 2019). همچنین عملکرد هر گیاه علوفه‌ای که ناشی از اثر تجمعی اجزای متشکله آن (تعداد ساقه، تعداد انشعاب در ساقه، وزن ساقه) می‌باشد که تحت تأثیر عوامل اقلیمی قرار دارد (Corraliza *et al.*, 2019). بنابراین می‌توان بیان نمود که تفاوت عملکرد علوفه ارقام مختلف ناشی از تفاوت ارقام در خصوصیات ژنتیکی و مورفولوژیکی و طول دوره رشد رویشی و تفاوت عملکرد در تاریخ‌های مختلف کاشت ناشی از تغییرات دمای محیط و تاثیر دما بر بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی بود.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد خشک علوفه کینوا تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته

Table 8. Mean comparison of dry forage yield of quinoa as affected by planting date × plant density interaction

تراکم بوته (بوته در متر مربع) Plant density (plant m^{-2})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})
	24 July دوم مرداد
33.3	6.59cd
16.6	7.28bc
	08 Agust ۱۷ مرداد
33.3	8.04a
16.6	7.37ab
	23 Agust اول شهریور
33.3	6.38de
16.6	5.70e

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.
Means followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

ویژگی های کیفیت علوفه

پروتئین خام

اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم × تراکم بوته بر میزان پروتئین خام علوفه معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان پروتئین خام علوفه (۱۴/۸۹ درصد) متعلق به رقم Titicaca بود که در تاریخ کاشت دوم مرداد و در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع به دست آمد. بیشترین محتوی پروتئین خام علوفه (۱۹/۹ درصد) در تاریخ کاشت اول شهریور متعلق به رقم Q12 بود (جدول ۹). به طورکلی مقادیر پروتئین خام علوفه در هر رقم تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم با تغییراتی همراه بود ولی به طور میانگین بیشترین پروتئین خام علوفه متعلق به رقم Q12 بود و همچنین بیشترین پروتئین خام نیز به تاریخ کاشت اول شهریور تعلق داشت (جدول ۳). متفاوت بودن مقدار پروتئین خام در گیاه کینوا تحت تاثیر تاریخ کاشت به دلیل شرایط محیطی متفاوت توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است ((Gonzalez *et al.*, 2012).

با توجه به نمودار شکل ۱ ملاحظه می‌شود که در تاریخ کاشت اول شهریور مرحله رشد رویشی گیاه بخصوص مرحله گل‌دهی در مقایسه با سایر تاریخ های کاشت با دمای خنک تری مواجه بود، از طرفی تعداد روز تا گل‌دهی در تاریخ کاشت اول شهریور نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر نیز بیشتر بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان بیان نمود که طول دوره رشد رویشی طولانی تر و مواجه شدن مرحله رشد رویشی گیاه با دمای مناسب و هوای خنک تاثیر معنی‌داری بر افزایش محتوی پروتئین خام علوفه کینوا داشت.

میزان متفاوت پروتئین خام در ارقام مختلف یک گونه به دلیل ساختار ژنتیکی و خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیکی و عکس‌العمل متفاوت به شرایط مختلف محیطی گزارش شده است (Gonzalez *et al.*, 2012; Miranda *et al.*, 2013). تعداد روز تا گل‌دهی در رقم Q12 در مقایسه با سایر ارقام به طور معنی‌داری طولانی بود (جدول ۳). بنابراین علاوه بر خصوصیات ژنتیکی رقم مذکو، طولانی‌تر بودن طول دوره رشد رویشی رقم Q12 و مواجه شدن با هوای خنک تر نیز می‌تواند دلیل برتری محتوی پروتئین خام در رقم مذکور باشد. با توجه به این‌که پروتئین خام علوفه تحت تاثیر شرایط محیطی و ژنتیکی متغیر می‌باشد از این رو در جهت افزایش کیفیت علوفه باید ارقامی انتخاب شوند که از نظر ژنتیکی دارای پتانسیل بالایی از نظر درصد پروتئین خام علوفه باشند.

محتوی آهن علوفه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم × تراکم بوته بر محتوی آهن علوفه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین محتوی آهن علوفه (۱۶۸ میلی گرم برکیلوگرم) در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع به رقم Giza1 وکمترین آن (۱۳۰/۳۷ میلی گرم برکیلوگرم) در تاریخ کاشت دوم مرداد و در تراکم ۳۳/۳ بوته

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی مورد مطالعه تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم × تراکم بوته

Table .9 Mean comparison of grain yield and some agronomic traits of quinon as affected by interaction of planting date × variety ×plant density

رقم Variety	تراکم بوته (بوته در مترمربع) Plant density (plant m^{-2})	دصد پروتئین علوفه Forage protein (%)	آهن علوفه (میلی گرم برکیلوگرم) Forage iron (mg kg^{-1})	درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی ND (%)	درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی ADF (%)
			24 July	دوم مرداد	
Giza1	33.3	18.16cde	160.71bcd	39.94bc	20.17ghi
Giza1	16.6	16.38g	140.37i	35.25de	16.89j
Titicaca	33.3	14.89h	152.62fg	45.14a	27.27a
Titicaca	16.6	19.06abc	159.68bcde	37.62cd	19.00i
Q12	33.3	18.22bcde	159.87bcde	30.75f	20.00hi
Q12	16.6	18.66abcd	147.87gh	42.7ab	26.52ab
Q18	33.3	17.10efg	130.37j	40.4bc	19.60i
Q18	16.6	17.40defg	144.75hi	45.74a	20.39ghi
			08 Agust	۱۷ مرداد	
Giza1	33.3	16.70fg	154.25defg	35.16de	20.76fghi
Giza1	16.6	17.80cdef	153.68efg	24.70g	13.89k
Titicaca	33.3	18.60abcd	154.5defg	36.01de	20.73fghi
Titicaca	16.6	18.20bcde	148.18gh	39.89bc	19.95hi
Q12	33.3	19.16abc	143.25hi	33.54ef	23.16de
Q12	16.6	16.50fg	144.37hi	35.71de	25.35bc
Q18	33.3	18.30bcde	155.87def	35.19de	23.08de
Q18	16.6	16.30g	158.87bcdef	30.70f	21.46efgh
			23 Agust	اول شهریور	
Giza1	33.3	16.56fg	163.96abc	33.53ef	19.47i
Giza1	16.6	18.84abc	168.03a	30.91f	15.38jk
Titicaca	33.3	18.86abc	160.07bcde	36.39de	26.24ab
Titicaca	16.6	18.09cde	165.12ab	42.62ab	26.29ab
Q12	33.3	19.90a	157.37cdef	34.30e	22.46def
Q12	16.6	19.52ab	167.50a	35.72de	24.04cd
Q18	33.3	16.25g	144.06h	27.52g	19.58i
Q18	16.6	18.18cde	143.56hi	35.11de	21.83efg

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-Using Duncan's Multiple Range Test.

NDF: Netural detergent fiber.
ADF: Acid detergent fiber.

در مترمربع به رقم Q18 تعلق داشت (جدول ۹). بایددر نظر داشت که رقم Giza1 در مقایسه با سایر ارقام کمترین ارتفاع بوته و عملکرد علوفه و بیشترین نسبت برگ به بیوماس کل را داشت

(جدول ۳). بنابراین می‌توان اظهار نمود که در رقم Giza1 نسبت برگ بیشتر و تولید کربوهیدرات ساختمانی کمتر دلیلی بر محتوی آهن بیشتر در مقایسه با سایر ارقام بود.

تفاوت در محتوی آهن علوفه تحت تاثیر تاریخ کاشت را می‌توان به شرایط دمایی متفاوت در طول فصل رشد گیاه مرتبط دانست (شکل ۱). تغییر در محتوی آهن علوفه تحت تاثیر رقم و همچنین تاثیر دما و تغییر شرایط محیطی در طی فصل رشد بر جذب و غلظت عناصر غذایی در گیاه در تحقیقات دیگران گزارش شده است (Klaring *et al.,* 1997; Ashok *et al.,* 2012; Kok *et al.,* 2017) که با نتیجه این پژوهش مطابقت دارد. آهن یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه بوده که نقش مهمی در بسیاری از فرایندها از جمله فتوسنتز، تولید پروتئین و کلروفیل ایفا می‌نماید. قابل توجه بودن محتوی آهن علوفه کینوا بیانگر ارزش غذایی بالای این گیاه برای تغذیه دام است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

فیبر علوفه

اثر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم × تراکم بوته بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (۱۳/۸۹ درصد) متعلق به رقم Giza1 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع بود. بیشترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (۲۷/۳ درصد) در تاریخ کاشت دوم مرداد و در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع به رقم Titicaca تعلق داشت (جدول۹). رقم Giza1 در مقایسه با سایر ارقام کمترین قطر ساقه و ارتفاع بوته و بیشترین نسبت برگ به بیوماس کل (جدول ۳) و همچنین کمترین مقدار ADF و NDF را داشت (جدول ۹).

گزارش‌هایی وجود دارد که با کاهش قطر ساقه و ارتفاع بوته و همچنین افزایش نسبت برگ به ساقه تولید کربوهیدرات‌های ساختمانی و فیبر گیاه کاهش می‌یابد (Najafinejad *et al.,* 2020; Temel and Yolcu, 2020). بنابراین می‌توان اظهار نمود که در رقم Giza1 به دلیل نسبت برگ به ساقه بیشتر و همچنین کربوهیدرات‌های ساختمانی کمتر، مقدار ADF و NDF کمتری تولید شد.

بیشترین مقدار فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تاریخ کاشت دوم مرداد و در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع (۴۵/۷۴ درصد) و کمترین آن در تاریخ کاشت اول شهریور و در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع (۲۷/۵۲ درصد) متعلق به رقم Q18 بود (جدول ۹). تفاوت در فیبر یک رقم در تاریخ کشت‌های مختلف را می‌توان به شرایط محیطی هر تاریخ کاشت (تغییرات دما) و زمان برداشت مرتبط دانست. با توجه به نمودار شکل ۱ ملاحظه می‌گردد که در تاریخ کاشت آخر (اول شهریور) نسبت به تاریخ کاشت اول (دوم مرداد) دما کاهش یافت و از طرفی مدت زمان تا گل‌دهی افزایش داشت

(جدول ۳).

بنـابراین می‌تـوان بیـان کـرد کـه در هـوای خنـک‌تر بـه دلیـل کـاهش تولیـد NDF ارزش تغذیـه‌ای علوفـه بیشـتر می‌شـود. فیبـر نـامحلول در شوینده خنثی (NDF) بیـانگر دیـواره سـلولی (سـلولز، همـی سـلولز و لگنـین) و قابلیـت هضـم علوفـه اسـت. علوفـه بـا فیبـر کمتـر از سـرعت هضـم بیشـتری برخـوردار بـوده و می‌توانـد انـرژی بیشـتری بـرای دام تـامین نمایـد (Waghorn *et al.,* 2007). فیبـر نـامحلول در شـوینده اسـیدی و خنثـی در ذرت سـیلویی بـه ترتیـب ۳۰ و ۵۸/۲ درصـد و در علوفـه سـورگوم ۳۴/۳ و ۶۲/۸ درصـد گـزارش شـده اسـت (Najafinejad *et al.,* 2014). محتـوی فیبـر علوفـه کینـوا (جـدول۹) در مقایسـه بـا ذرت و سورگوم نشان می‌دهد که علوفـه کینـوا بـه دلیـل داشتن فیبر کمتر از کیفیت بیشـتری بـرای تغذیـه دام برخوردار است.

نتایج این پژوهش نشان داد که تاریخ کاشـت اثر معنی‌داری بـر عملکـرد علوفـه تـر و خشـک، ارتفـاع بوتـه و طـول دوره رشـد کینـوا داشـت. بنابراین با تاریخ کاشت مناسب می‌توان شـرایطی را فراهم نمود که مراحل رشد رویشی و زایشـی با دمای مناسب محیط مواجـه شـود و در نهایـت گیـاه بـا فتوسـنتز حـداکثر و بهره‌منـدی مناسـب ازعناصر غذایی و فصل رشد عملکرد مطلـوبی را تولید کند. همچنـین مشـخص شـد کـه عملکـرد علوفـه ارقـام مختلـف کینـوا بسـته بـه طـول دوره رویـش و تحـت تـاثیر تـاریخ کاشـت متفـاوت است. بنابراین با توجه به تـاریخ کاشـت بهینـه در یک منطقه می‌توان ارقام مختلفی را توصیه نمود.

دامنه تغییرات فیبر نامحلول در شـوینده خنثـی و اسیدی نشان داد که بـه دلیـل میـزان فیبـر کـم، علوفـه کینـوا از کیفیـت خـوبی بـرای تغذیـه دام برخـوردار اسـت. دامنـه تغییـرات پـروتئین خـام علوفه تحت تاثیر تاریخ کاشـت و رقـم از ۱۴/۸۹ تـا ۱۹/۹ متغیـر بـود. همچنـین دامنـه تغییـرات محتوی آهن علوفه بین ۱۳۰/۳۷ تا ۱۶۸ میلی‌گـرم در کیلوگرم وزن خشک بود. بنابراین با توجه بـه غنی بودن علوفه کینوا از لحاظ پروتئین و آهـن و همچنین کوتاه بودن طول دوره رشـد، ایـن گیـاه می‌تواند به عنوان یک گیـاه علوفـه‌ای بـا کیفیـت مناسب برای تغذیه دام مورد استفاده قرار گیرد.

در ایـن پـژوهش مشـخص شـد کـه کینـوا پتانسیل تولید علوفه قابـل تـوجهی را در شـرایط اقلیمـی منطقـه معتـدل سـرد کرمـان دارد. نتـایج نشـان داد کـه تـاریخ کشـت و رقـم از طریـق بهره‌مندی مناسب گیـاه از عوامـل محیطـی نقـش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت علوفـه کینـوا ایفا می‌نمایند. بر اساس نتایج این پژوهش کشـت رقم Q12 در تاریخ کاشـت ۱۷ مـرداد بـا تـراکم بوته کاشـت ۳۳/۳ بوتـه در مترمربع را مـی تـوان برای کشت دوم در منطقه جوپار کرمان بـا اقلـیم معتدل سرد توصیه کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از آقـای مهنـدس عبـاس سـعیدی رئـیس محتـرم سـازمان جهـاد کشـاورزی، آقـای

مهندس محمدرضا پورخاتون معاون محترم بهبود تولیدات گیاهی و آقای مهندس فریدون آهنگری مدیر محترم زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان که با پشتیبانی های مالی و معنوی زمینه اجرای این پژوهش را فراهم آوردند، سپاسگزاری می‌کنند.

References

Aguilar, P.C., and Jacobsen, S. E. 2003. Cultivation of quinoa on the Peruvian altiplano. Food Reviews International 19: 31- 41.

AOAC. 1990. Association of official analytical chemists, Washington DC. 15^{th} edition 1132 pp.

Ashok, P., Kumar, A. B., Reddy, V. S., Ramaiah, B., Sahrawat, K. L., and Pfeiffer, W. H. 2012. Genetic variability and character association for grain iron and zinc in sorghum germplasm accessions and commercial cultivars. European Journal of Plant Science and Biotechnology 1: 66-70.

Baskota, S., and Islam, A. 2017. Evaluation of forage nutritive value of quinoa cultivars. University of Wyoming. LREC Long Reports. Field Days Bulletin-19. USA.

Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D. 2007. Effect of sowing dates and row spacing on yield and quality components of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) leaves. Indian Journal of Agricultural Sciences 77 (11):748-751.

Corraliza, M. G., Rplp, V., Lopez, M. L., and Moreno, G. 2019. Wheat and barley can increase grain yield in shade through acclimation of physiological and morphological traits in Mediterranean conditions. Scientific Reports (Nature) 9: 9547.

Gonzalez, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M., and Prado, F. E. 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) cultivars from two different agro-ecological regions. Journal of the Science of Food and Agriculture 92: 1222–1229.

Hirich, A., Choukr-Allah, R., and Jacobsen, S. E. 2014. Quinoa in Morocco - Effect of sowing dates on development and yield. Journal of Agronomy and Crop Science 200: 371-377.

Jacobsen, S. E. 2011. The situation for quinoa and its production in southern Bolivia: From economic success to environmental disaster. Journal of Agronomy and Crop Science 197: 390–399.

Klaring, H. P., Schwarz, D., and Heissner, A. 1997. Control of nutrient solution concentration in tomato using models of photosynthesis and transpiration: A simulation study. Acta Horticulturae 450: 329–334.

Kok, M., Ouma, J. P., and Ojwang, P. P. O. 2017. Effect of sowing date on grain quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the Nile corridor agro-ecological zone of south Sudan. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development 17 (4): 12657-12677

Miranda, M., Vega-Galvez, A., Martínez, E. A., Lopez, J., Marin, R., Aranda, M., and Fuentes, F. 2013. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: Nutritional and functional properties. Journal of Agricultural Research 73: 108–116.

Mujica, A. 1994. Andean grains and legumes. pp. 131-148. In: Hermando, B. and J. L. Leon (eds.) Neglected crops: 1492 from a different prospective. FAO, Rome, Italy.

Najafinejad, H., Farzamnia, M., and Javaheri, M. A. 2008. The effect of planting pattern on yield, agronomic characteristics and water use efficiency of grain maize. Journal of Pajouhesh Va Sazandgi 2: 53-47 (in Persian).

Najafinejad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Modaress Sanavy, S. A. M. 2014. Evaluation of yield and quality of corn and sorghum forage in two irrigation regimes and application of barley residues, zeolite and superabsorbent polymer. pp. 6 In: Proceedings of 13th Crop Science Congress of Iran and 3rd Iranian Seed Science and Technology. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (in Persian).

Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Koohi, N., and Shakeri, P. 2020. Forage yield and quality and water productivity of kochia, millet, sorghum and maize under water deficit stress conditions. Seed and Plant Production Journal 35: 261-283 (in Persian).

Papastylianou P., Kakabouki I., Tsiplakou E., Travlos I., Bilalis D., **and Hela, D. 2014.** Effects of fertilization on yield and quality of biomass of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and green amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture 71 (2): 287-292.

Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuna-Rodriguez, I. S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., canahua-Murillo, A., Pinto, M., and Zurita-Silva, A. 2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development 34: 349–359.

Salehi, M., and Dehghani, F. 2018. Guide to planting, crop husbndary and harvest of quinoa in saline conditions. Technical Publication No. 94052. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Tehran, Iran. 96 pp. (in Persian).

Salehi, M., Soltani, V., and Dehghani, F. 2019. The effect of planting date on phenological stages and grain yield of quinoa in saline conditions. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 3: 932-923 (in Persian).

Sepahvand, N. A. 2016. Quinoa research and production prospect in Iran. pp. 35. In: Proceddings of the International Quinoa Conference. Dubai.

Sief, A. S., Kamel, A. S. M., and Jacline, F. 2015. Effect of various inter and intra spaces on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). Journal of Plant Production 6 (3): 371 – 383.

Spehar, C. R., and Rocha, J. E. S. 2009. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. Bioscience Journal 25: 53-58.

Spehar, C. R., and Santos, R. L. B. 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian savannah. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 40 (69): 609-612.

Temel, S., and Yolcu, S. 2020. The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turkish Journal of Field Crops 25 (1): 41-49.

Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-97.

Waghorn, G. C., Burke, J. L., and Kolver, E. S. 2007. Principles of feeding value. pp: 35-59. In: Rattray, P. V., Brookes, I. M., and Nicol, A. M. (eds.) pastures and supplements for grazing animals. Occasional Publication No. 14. New Zealand Society of Animal Production, Hamilton, New Zealand.

Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G. A. 2007. Impact of super absorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress. Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (23): 4190-4196.